
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Elektronické informační a řídicí systémy

CNC FRÉZKA

CNC MILLING MACHINE

Bakalářská práce

Autor: **František Mejdr**

Vedoucí práce: prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.

V Liberci 10. 5. 2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **František MEJDR**
Osobní číslo: **M08000050**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronické informační a řídicí systémy**
Název tématu: **CNC frézka**
Zadávací katedra: **Ústav informačních technologií a elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Navrhněte mechanické provedení CNC frézky
2. Navrhněte vhodné ovládání CNC frézky, navrhněte vhodný řídicí systém a obslužný software
3. Realizujte CNC frézku a ověřte funkčnost mechanického i řídicího systému

Rozsah grafických prací: Dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: cca 30-40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- [1] Štulpa M.: CNC obráběcí stroje a jejich programování
- [2] Král P.: CNC obráběcí centra
- [3] Šrajer J.: CNC obráběcí stroje a jejich programování

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
Ústav informačních technologií a elektroniky
Datum zadání bakalářské práce: 1. října 2010
Termín odevzdání bakalářské práce: 20. května 2011


prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan




doc. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
pověřen vedením ústavu

V Liberci dne 1. října 2010

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval všem lidem, kteří se podíleli na řešení této práce a poskytovali mi konzultace a rady. Zvláště bych chtěl poděkovat vedoucímu práce prof. Ing. Zdeňkovi Plívovi, ph.D za trpělivost a podporu.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a zkonstruovat počítačem řízenou frézku pro použití v malé truhlářské dílně. Obráběné materiály jsou dřevo, polystyren, plexisklo a lehké kovy. Práce je z velké části věnována vývoji elektronického řídicího systému. Hlavní důraz je kladen nejen na funkčnost, ale také na nízkou cenu řídicího systému i mechanické konstrukce. Mechanická konstrukce je proto převážně tvořena díly, které byly vymontovány ze starých vyřazených strojů, nebo se naskytla jejich výhodná koupě. Součástí práce jsou výkresy desek plošných spojů a schémata obvodů.

Klíčová slova: CNC frézka, obrábění

Abstract

The object of this bachelor work is: designing and constructing computer aided milling machine for using in a small workroom. Mechanided materials are wood, acrylic glass, polystyrene and light metal. The work is largely devoted to the development of control system. The mein emphasis is not placed not only on functionality but also on giveaway price of control system and mechanic construction. The mechanic construction is predominantly formed from parts removed from old excluded machines or there was a bargain of these parts. The work includes drawing documentation of PCB and circuit diagrams of electronic control system.

Keywords: CNC milling machine, machining

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Dostupná komerční řešení.....	11
2.1	Požadavky	11
2.2	Přehled komerčních řešení	11
3	Konstrukční prvky	12
3.1	Nosná konstrukce	13
3.2	Lineární vedení	13
3.2.1	Kolejnice typu R.....	13
3.2.2	Podpřené tyče.....	14
3.2.3	Vodící tyče.....	14
3.3	Hnací prvky.....	14
3.3.1	Kuličkový šroub	14
3.3.2	Trapézový šroub	15
3.3.3	Pružná spojka.....	15
3.4	Motory.....	16
3.4.1	Princip krokového motoru	16
3.4.2	Řízení krokových motorů	16
3.4.3	Typy krokových motorů	17
3.5	Vřeteno.....	18
3.6	Elektronika	18
4	Vlastní konstrukce	20
4.1	Mechanické prvky.....	20
4.1.1	Nosná konstrukce	20
4.1.2	Podélné vedení.....	22
4.1.3	Příčné vedení	22
4.1.4	Svislé vedení.....	23

4.1.5	Hnací prvky	23
4.2	Vřeteno.....	24
4.3	Motory.....	25
4.4	Elektronika	26
4.4.1	Rozdělovací modul	26
4.4.2	Motorové drivery	27
4.4.3	Spínací modul	29
4.4.4	Ovládání.....	29
4.4.5	Napájení.....	30
5	Řídící software	31
6	Parametry stroje	33
7	Ukázky využití	34
8	Závěr	35
9	Použitá literatura	36

Seznam obrázků:

<i>Obr. 2.1: Kompas F-800 [3]</i>	11
<i>Obr. 2.2: JEŘÁBEK MPW900 [4]</i>	12
<i>Obr. 2.3: INTEO 6090 [5]</i>	12
<i>Obr. 2.4: COMAGRAV MISTRAL 900 [6]</i>	12
<i>Obr. 3.1: Duralové profily Item [7]</i>	13
<i>Obr. 3.2: Ukázka použití profilů [7]</i>	13
<i>Obr. 3.3: Lineární pojezd s kolejnici typu R [8]</i>	13
<i>Obr. 3.4: Podepřená tyč a otevřené kuličkové pouzdro[10]</i>	14
<i>Obr. 3.5: Vodicí tyče a kuličkové pouzdro [10]</i>	14
<i>Obr. 3.6: Kuličkový šroub [9]</i>	15
<i>Obr. 3.7: Trapézový šroub [10]</i>	15
<i>Obr. 3.8: Spirálová spojka [9]</i>	15
<i>Obr. 3.9: Stator a rotor krokového motoru</i>	16
<i>Obr. 3.10: Bipolární zapojení KM [11]</i>	17
<i>Obr. 3.11: Unipolární zapojení KM [11]</i>	17
<i>Obr. 3.12: Ruční frézka [13]</i>	18
<i>Obr. 3.13: Průmyslové obráběcí vřeteno[14]</i>	18
<i>Obr. 3.14: Leadshine M542[15]</i>	19
<i>Obr. 3.15: MFORCE SD2-15D [12]</i>	19
<i>Obr. 3.16: EMIS SMC-1500 [16]</i>	19
<i>Obr. 4.1: Skelet frézky</i>	20
<i>Obr. 4.2: Výroba vozíku</i>	21
<i>Obr. 4.3: Model konstrukce</i>	21
<i>Obr. 4.4: Ploché vedení THW FBW 960L [8]</i>	22

<i>Obr. 4.5: Příčné vedení</i>	23
<i>Obr. 4.6: Pohon svislé osy</i>	24
<i>Obr. 4.7: Pohon příčného posuvu</i>	24
<i>Obr. 4.8: Přímá bruska Bosch GGS 27</i>	25
<i>Obr. 4.9: Krokový motor Sanyo</i>	25
<i>Obr. 4.10: Krokový motor NEMA23</i>	25
<i>Obr. 4.11: Modulární řídicí systém</i>	28
<i>Obr. 4.12: Ovládací skříňky</i>	30
<i>Obr. 4.13: Napájecí rozvaděč a technologická skříň s řídicími moduly</i>	31
<i>Obr. 5.1: Prostředí Mach3</i>	32
<i>Obr. 7.1: Kuchyňská linka s frézováním</i>	34
<i>Obr. 7.2: Frézování písma</i>	34

Seznam tabulek:

<i>Tab. 4.1: Konfigurace driveru MINI DIP spínači</i>	28
<i>Tab. 6.1: Programově nastavené parametry</i>	33

1 Úvod

V oblasti obrábění materiálů je v současné době z velké části využíváno výpočetní techniky. Využití počítače pro řízení obráběcích strojů zvyšuje přesnost a rychlost opakované výroby, nahrazuje práci člověka a tím zvyšuje produktivitu práce. Stroje se mohou velmi rychle přizpůsobit k výrobě jiných součástí, což vede ke snižování výrobních nákladů.

První číslicově řízené stroje byly vyvinuty v padesátých letech dvacátého století. Byly označovány jako NC stroje a řízení probíhalo programem, který byl sekvenčně načítán z děrného štítku, nebo z děrné pásky. Prosadily se především ve výrobě složitějších součástí při větší opakovatelnosti. I když je tato technologie dnes již minulostí, můžeme se v některých dílnách s těmito stroji stále ještě setkat. Postupem času byly tyto stroje vybavovány počítačem, což znamenalo zrod CNC strojů. U CNC stroje, na rozdíl od NC, kdy byl zpracováván pouze jeden blok, je část programu načítána do operační paměti a sleduje několik bloků napřed. Tím je systém schopen reagovat rychleji. Díky dnešním zpracovávaným CAD a CAM softwarům, počítač výrazně usnadní a urychlí programování stroje a uchová data pro jejich opětovné použití. Ceny CNC strojů se vzhledem k jejich výkonům snižují a postupně se stávají nezbytností v každé dílně. [1],[2]

Cílem této bakalářské práce je sestavit nízkonákladovou CNC frézku, která bude mít uplatnění v malé truhlářské dílně. Obrábět by měla plasty a lehké kovy, ale především dřevo a části nábytku, jako jsou různé ozdobné řezby, kuchyňská dvířka, apod.

2 Dostupná komerční řešení

Před samotným řešením výroby vlastního stroje přísluší otázka, zda se vyplatí stroj stavět a jestli neexistuje dostupné komerční řešení, které by zastalo požadované potřeby.

2.1 Požadavky

- velikost pracovní plochy přibližně $900 \times 500 \times 100\text{mm}$
- obráběný materiál: dřevo, plasty, lehké kovy

2.2 Přehled komerčních řešení

Byly vybrány produkty různých firem, které by jak pracovní plochou, tak i provedením vyhovovaly všem požadavkům pro použití v malé truhlářské dílně. Optimálním řešením je frézka MPW900 od české firmy JEŘÁBEK s.r.o. Je to frézka přímo určená k obrábění dřeva, také dřevotřísky, plastů a lehkých kovů. Vzhledem k jejím parametrům je cena velice slušná.

Slovenský stroj s označením Kompas F-800 patří k nejlevnějším, ale jeho pracovní rychlost je oproti ostatním strojům velice nízká. Pracovní rychlost je velice důležitý parametr, neboť na této rychlosti je závislá celková doba obrábění a tím i celá ekonomie výroby. Je proto důležité zvážit, zda se nevyplatí investice do sice o něco dražšího stroje, ale zato s lepšími parametry.

Dalším vybraným zařízením je frézka značky INTEO. V porovnání s frézku Jeřábek je investice do tohoto zařízení vzhledem k parametrům a ceně nepříliš dobrá. Roli zde může hrát značka a kvalita součástek.

V poslední řadě je zde ukázka stroje, jehož cena je výrazně vyšší oproti ostatním strojům. COMARGAV MISTRAL 900 disponuje vysokými otáčkami obráběcího vřetene a velkou pracovní plochou. Hodí se však spíše do větší výroby, kde je zapotřebí vysoká přesnost a výkon.

Odpověď na otázku, zda se vyplatí stroj vlastnoručně konstruovat zní jednoznačně. Nedosáhneme možná takových parametrů, ale cena bude několikanásobně nižší.



Obr. 2.1: Kompas F-800 [3]

Kompas F-800

Pracovní plocha: $X650\text{mm} \times Y850\text{mm} \times Z150\text{mm}$

Pracovní rychlost: 1,4m/min

Otáčky vřetena: 18000ot/min

Cena: 4800 € (120 000Kč)



Obr. 2.2: JEŘÁBEK MPW900 [4]

JEŘÁBEK MPW900

Pracovní plocha: X700mm × Y900mm × Z100mm

Pracovní rychlost: 10m/min

Otáčky vřetena: 24000ot/min

Cena: 148 000Kč bez DPH



Obr. 2.3: INTEO 6090 [5]

INTEO 6090

Pracovní plocha: X900mm × Y600mm × Z80mm

Pracovní rychlost: 3m/min

Otáčky vřetena: 24000ot/min

Cena: 150 119 Kč bez DPH



Obr. 2.4: COMAGRAV MISTRAL 900 [6]

COMAGRAV MISTRAL 900

Pracovní plocha: X685mm × Y990mm × Z130mm

Pracovní rychlost: 6m/min

Otáčky vřetena: 80000ot/min

Cena: 412 000 Kč bez DPH

3 Konstrukční prvky

Na trhu je nesčetně konstrukčních prvků, ze kterých lze velice snadno postavit jakýkoliv stroj podle svých představ. Výrobky renomovaných značek jsou poměrně drahé, ale existují i levnější varianty, ze kterých rovněž lze sestavit dobré zařízení.

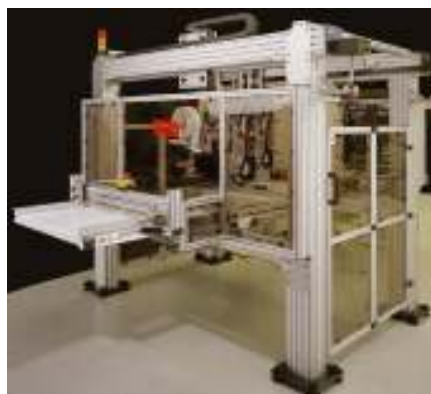
3.1 Nosná konstrukce

Jednou z variant při řešení konstrukce skeletu je možné použití vytlačovaných duralových profilů. Vyznačují se nízkou hmotností a velkou tuhostí. Nabízeny jsou různé rozměry a tvary se snadnou stavebnicovou montáží. Rozsáhlý sortiment těchto profilů nabízí firma HABERKORN ULMER s.r.o. Tato firma nabízí i celou řadu dalších konstrukčních prvků pro zhotovení téměř celého stroje. Z těchto dílů je možné sestavit celé výrobní linky.

Další možností je použití ocelových profilů a jeklů. Montáž sice není tak snadná, ale lze taktéž sestavit kvalitní pevný stroj.



Obr. 3.1: Duralové profily Item [7]



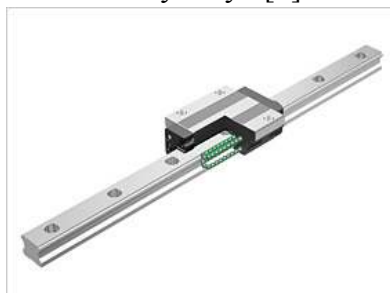
Obr. 3.2: Ukázka použití profilů [7]

3.2 Lineární vedení

Lineární vedení je jednou z nejdůležitějších částí stroje. Jedná se většinou o ocelové lišty, na kterých se pohybují lineární ložiska. Existují různé typy lineárních vedení, ale pro naše účely se budeme zabývat kuličkovými lineárními ložisky.

3.2.1 Kolejnice typu R

Nejpoužívanějšími typy jsou pojezdy s kolejnicí typu R. Základem je masivní ocelová kolejnice, po které jezdí vozík osazený čtyřmi řadami ložiskových kuliček, které kanálky cirkulují zpět do oblasti zatížení. Vyznačují se nízkým ztrátovým třením a vysokou zatížitelností. Statické maximální zatížení může být až 80kN. Cena je však dosti vysoká a je na zváženu, zda budou výhody tohoto řešení využity. [8]



Obr. 3.3: Lineární pojezd s kolejnicí typu R [8]

3.2.2 Podepřené tyče

Další možností lineárního vedení jsou tzv. podepřené tyče. Jedná se o ocelovou tyč, na níž je ze spodní části připevněna lišta, kterou se provádí montáž na konstrukci stroje. Tyč je tak podepřena po celé své ploše a nedochází k prohýbání. U tohoto typu pojezdu je cena téměř poloviční, nežli u „R“ kolejnic, ale maximální statická únosnost je 58 krát nižší.



Obr. 3.4: Podepřená tyč a otevřené kuličkové pouzdro [10]

3.2.3 Vodící tyče

Nejlevnějším řešením jsou vodící tyče. Běžně jsou nabízeny průměry od 16 do 30mm a délky do 4m. Jejich využití je však vhodné pouze pro malé délky. Pro velmi malé zatížení je možné použití kluzných pouzder, ale i kuličková pouzdra pro tento typ vedení jsou za velice přijatelnou cenu.



Obr. 3.5: Vodící tyče a kuličkové pouzdro [10]

3.3 Hnací prvky

3.3.1 Kuličkový šroub

U kuličkových šroubů se zatížené kuličky pohybují v drážce vybroušené mezi šroubem a maticí, přičemž zadržují axiální zatížení. Pohybují se v drážce deflektoru, který je usazen uvnitř matice a navazuje na drážku. Kuličky cirkulují zpět do oblasti zatížení a vykonávají tímto nekonečný oběžný pohyb.

Kuličkový šroub je velice účinný a v porovnání s běžnými šrouby má tento produkt méně než třetinový točivý moment, což šetří energii hnacího motoru. [9]

Cena tohoto provedení je však natolik vysoká, že se pro naše zařízení nevyplatí. Vhodnější variantou pro ekonomičtější řešení je níže uvedený trapézový šroub.



Obr. 3.6: Kuličkový šroub [9]

3.3.2 Trapézový šroub

Je vhodnější variantou pro levnější stroje, má však vyšší ztráty, nižší rychlosti a je potřeba jej stále mazat. Jeho cena je několikanásobně nižší, než u kuličkového šroubu a je ho možné zakoupit v běžném obchodě s železářstvím.



Obr. 3.7: Trapézový šroub [10]

3.3.3 Pružná spojka

Používá se pro spojení motoru s hnacím šroubem. Lze univerzálně použít pro bezvůlové přenášení otáčivého pohybu a tlumení vibrací. Existují různá provedení v podobě pružných silentbloků, spirálové spojky (viz. obr.3.7), v poslední řadě je možné použít zahradní hadici a hadicové sponky.



Obr. 3.8: Spirálová spojka [9]

3.4 Motory

Pro pohon pohybů stroje lze použít tři druhy motorů. Stejnosměrné servomotory, střídavé servomotory nebo krokové motory. Střídavé servomotory jsou bezkartáčové synchronní motory s permanentními magnety na rotoru a třífázovým vinutím ve statoru. Jsou velice drahé, ale nabízejí vysoké otáčky (až 5000ot/min). Po převodování lze dosáhnout vysokého točivého momentu. Stejnosměrné servomotory mají otáčky o něco nižší, ale cena oproti střídavým je téměř poloviční. Nejlevnějším řešením jsou krokové motory. Cena vhodného krokového motoru je přibližně 1000Kč. Nelze však dosáhnout takových otáček jako u servomotorů. Krokový motor má největší účinnost při nulových otáčkách. S rostoucími otáčkami moment prudce klesá.

3.4.1 Princip krokového motoru

Krokový motor se skládá z rotoru s prstencem permanentních magnetů a statoru se sadou cívek. Jejich pólové nástavce jsou vroubkovány se stejnou roztečí, jako magnety na rotoru, čímž je docíleno přesného krokování. Proud protékající cívkou statoru vytvoří magnetické pole, které k sobě přitáhne opačný pól permanentního magnetu rotoru. Vhodným zapojením a řízením cívek docílíme rotujícího magnetického pole, které otáčí rotorem. Většina standardních krokových motorů má rozlišení 200 kroků pro jednu otáčku, tj. $1,8^\circ$ na krok. [11]



Obr. 3.9: Stator a rotor krokového motoru

3.4.2 Řízení krokových motorů

Krokový motor lze zapojit dvěma základními způsoby: unipolárně nebo bipolárně. Obě zapojení mají zásadní vliv na chod motoru.

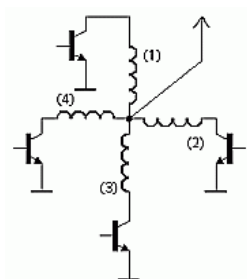
- **Unipolární:**

Při unipolárním řízení protéká proud vždy jen jednou z cívek. Motor má menší odběr, ale zároveň i menší krouticí moment. Asi jedinou výhodou tohoto zapojení je

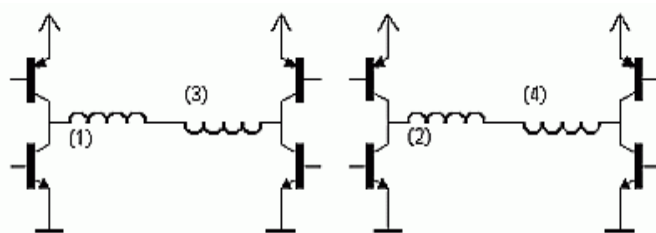
jednoduchost řízení. Postačí 4 spínací tranzistory, které postupně spínáme ve směru otáčení.

- **Bipolární:**

Při tomto zapojení prochází proud vždy dvěma protilehlými cívkami zapojenými tak, že mají navzájem opačně orientované magnetické pole. Motor má větší kroutící moment, a vyšší stabilitu. Cívky lze zapojit sériově, nebo paralelně. Obvyklé je zapojení sériové, ale často se používá i zapojení paralelní. To je ovšem možné pouze u typů motorů, jejichž cívky mají samostatné vývody (motor má 8 vývodů). U běžných typů jsou páry cívek napevno spojené sériově. Takový motor má 6 vývodů. K bipolárnímu řízení jsou zapotřebí dva H můstky, tedy 8 tranzistorů a složitější řídicí logiku. Zapojení lze zjednodušit speciálními integrovanými obvody.



Obr. 3.11: Unipolární zapojení KM [11]



Obr. 3.10: Bipolární zapojení KM [11]

3.4.3 Typy krokových motorů

- **2-fázové**

Vyrábějí se pouze malé typové řady s drátovými vývody, mají jednoduchou a bezúdržbovou konstrukci. Mohou mít plné, nebo dělené vinutí, jejich charakteristiky se potom liší podle způsobu připojení k řídicí jednotce. Zapojení mohou být unipolární i bipolární. [12]

- **3-fázové**

Jsou novou řadou mezi krokovými motory, určené pro moderní pohony s nároky na dynamiku a stabilitu pohybu. Dosahují o 30 až 50% větší účinnosti ve srovnání

s dvoufázovými krokovými motory. Řídící jednotky jsou opatřeny regulací proudu pro každou fázi, což zajišťuje rovnoměrný chod v celém rozsahu otáček. [12]

- **5-fázové**

Použitím vyššího počtu fází je docíleno plynulejšího chodu bez rezonancí a rozlišení 500 až 1000 kroků na otáčku. Byly vyráběny v 70. letech a jejich sériová výroba trvala 20 let. Dnes již nejsou perspektivní. Výhodnější je použití 3-fázových motorů s moderním řízením. [12]

3.5 Vřeteno

Obráběcích vřeten je celá řada druhů, ze které je třeba zvolit vhodný typ pro obrábění požadovaného materiálu. Pro gravírování postačí jako obráběcí vřeteno menší modelářská ruční frézka, pro větší frézování je třeba zvolit silnější vysokootáčkové vřeteno. Velice dobrým řešením jsou ruční frézky německé firmy Kress. Ideálním řešením jsou průmyslová vřetena přímo určená k montáži na obráběcí stroj. Z cenového hlediska je výhodnější použití ruční frézky.



Obr. 3.12: Ruční frézka [13]



Obr. 3.13: Průmyslové obráběcí vřeteno [14]

3.6 Elektronika

Řídící elektronika, neboli driver je rozhraním mezi osobním počítačem a vlastním motorem. Obsahuje výkonové koncové stupně a řídící logiku. V této kapitole je popsáno několik komerčních typů driverů určených pro řízení krokových motorů. Je předpokládáno, že používáme systém step/dir. To znamená, že pro řízení jednoho motoru je zapotřebí dvou signálů, z nichž jeden udává směr otáčení a druhý počet kroků. Na trhu je dostupných mnoho komerčních i amatérských driverů tohoto typu.

Leadshine M542

Výkonná mikrokrokovací řídicí jednotka pro dvoufázové krokové motory, založená na čistě sinusovém průběhu výstupního proudu. Umožňuje plynulý pohyb a lepší vlastnosti při vyšších rychlostech. [15]

- Napájení do 50V DC
- špičkový proud až 4,2A
- 15 volitelných rozlišení kroku (až 25000 kroků/ot)
- max. frekvence 300 kHz
- ochrana proti zkratu
- automatická redukce proudu po zastavení motoru
- cena: 1 458 Kč bez DPH



Obr. 3.14: Leadshine M542[15]

MFORCE SD2-15D

Malá kompaktní digitální jednotka určená pro řízení dvoufázových krokových motorů. [12]

- napájení 24 až 48V
- maximální proud 5A
- 20 volitelných rozlišení kroku (až 51200kroků/ot)
- max. frekvence 2 MHz
- softwarové nastavení přes USB



Obr. 3.15: MFORCE SD2-15D [12]

EMIS SMC-1500

Řídicí karta pro 3 krokové motory. Výhodou tohoto řešení je jednoduchost použití. Karta je vybavena konektorem CENTRONICS, kterým se připojí k paralelnímu portu osobního počítače a svorkovnicemi pro připojení motorů. Tím vzniká kompletní zařízení pro řízení většiny CNC strojů. Možnou nevýhodou tohoto řešení je integrace všech tří os na jednu desku. V případě poruchy jednoho z koncových stupňů musí být vyřazena celá deska a také výměna jednoho driveru při případném použití jiného typu motoru není možná.

- napájení 15-30V
- max. fázový proud 1,5A
- cena: 4 190 Kč s DPH



Obr. 3.16: EMIS SMC-1500 [16]

4 Vlastní konstrukce

Konstrukce je navržena tak, aby pracovní plocha rozměrově vyhovovala našim požadavkům a při použití laciných a slabších součástí měla dostatečnou pevnost. U komerčních řešení portálové frézky bývá konstrukce řešena pevným stolem, nad kterým se pohybuje celý portál. U této konstrukce by bylo nutné zajistit velice pevné lineární vedení, které by portál uneslo. Bylo proto přistoupeno k jinému řešení, které je na konstrukci značně jednodušší. Podélné vedení ve směru osy X je řešeno pohyblivým stolem. Na pevném portálu je uchycen suport umožňující pohyb nástroje v osách Y a Z.

4.1 Mechanické prvky

Z finančních důvodů nejsou použity konstrukční prvky z široké škály komerčních produktů, které by byly nejvhodnější, ale spíše součásti, které byly k dispozici, nebo se naskytla jejich výhodná koupě na internetových aukcích.

4.1.1 Nosná konstrukce

Konstrukce je smontována z tenkostěnných ocelových jeklů a profilů. Jsou použity tři typy jeklů: čtvercové o hraně 30mm, malé obdélníkové (12×40mm) a velké obdélníkové (50×20mm). Základem je obdélníkový rám délky 1650 a šířky 500mm, svařený z čtvercových jeklů. Na rám jsou pomocí šroubů příčně přimontovány velké obdélníkové jekly, ke kterým jsou podélně přichyceny podložky kolejnic pro podélné lineární vedení. Ty jsou řešeny profily „U“ (30×30mm). K základnímu rámu jsou bočně připevněny stojky z velkých jeklů o délce 600mm. K jejich horní části jsou s roztečí 200mm čelně přimontovány malé jekly sloužící jako podložky kolejnic pro příčné lineární vedení. Veškeré části kromě základního rámu jsou spojovány pomocí šroubů M6. Ač se zdá být konstrukce nepříliš bytelně navržena, zejména portálová část bez podepření, je po fyzické realizaci velice pevná a nedochází ke znatelným průhybům ani vůlím.



Obr. 4.1: Skelet frézky

Aby byl celý stroj více mobilní a ucelený, byl dodatečně navržen vozík s kolečky, který umožní lepší manipulaci. Dalším důvodem pro zkonstruování vozíku byla potřeba umístit ke stroji počítač, rozvaděče s řídicím systémem a odsávání. Díky tomuto řešení může být celá technologie pohromadě a součástí jedné konstrukce. Vozík je ze stejného typu materiálu jako je konstrukce nosného rámu frézky. Použity jsou ocelové jekly čtvercového profilu o rozměrech 30×30 mm. Aby bylo dosaženo větší bytelnosti, je konstrukce na rozdíl od konstrukce frézky spojena svařováním. Rozměry vozíku kopírují podstavu rámu frézky. Použita jsou otočná brzděná kolečka o průměru 100 mm a nosnosti 60 kg. Uvnitř konstrukce je namontovaná police pro umístění odsávací jednotky a úchyty pro připevnění technologických skříní a počítače. Další součástí konstrukce je otočné rameno pro umístění počítačového monitoru a ovládacího panelu. Jedná se o dva jekly, které jsou vzájemně spojeny otočným čepem. Ke konstrukci je toto rameno také připojeno pomocí čepu, díky čemuž bude moci být řídicí panel polohován do potřebné pozice pro obsluhu, která může být z jakékoliv strany stroje.

Na obrázku 4.3 je navržený model vozíku, na kterém je umístěn skelet frézky, dále na obrázku 4.2 je ukázka probíhající výroby vozíku.



Obr. 4.3: Model konstrukce



Obr. 4.2: Výroba vozíku

4.1.2 Podélné vedení

Podélné vedení zajišťuje pohyb ve směru osy X. Konstrukce je řešena pro pohyblivý stůl. Pro toto řešení je vhodné použít silné vedení s „R“ kolejnici, případně podepřené tyče. Jelikož se ale vyskytla výhodná koupě, bylo použito ploché vedení typu FBW. Výrobcem je firma THK. Jedná se o kolejnici s profilem „U“ z nerezové oceli, kde se vozík s lineárními kuličkovými ložisky pohybuje ve vnitřní části profilu. Povolené statické zatížení vozíku je 150N, což za předpokladu, že obráběným materiálem bude dřevo by mělo být dostačující. Použity jsou dva páry kolejníc umístěných za sebou, z nichž je každá osazena jedním vozíkem. Přímou na vozíky je umístěn pracovní stůl, který je dočasně vyřešen dřevěnou deskou.



Obr. 4.4: Ploché vedení THW FBW 960L [8]

4.1.3 Příčné vedení

Jako vhodné řešení pro příčný pohyb (směr osy Y) se nabízí lineární vedení typu „podepřené tyče“. Je zapotřebí dvou tyčí délky 500mm a čtyř kuličkových pouzder. Tato konfigurace cenově vychází zhruba na 3000 Kč. Z finančních důvodů bylo přistoupeno k dočasnému náhradnímu řešení, které se nezdá být příliš profesionální, avšak po fyzické realizaci se ukázalo jako velice pevné a dostačující. Vedení je konstruováno na dvou malých jeklech čelně namontovaných ke stojkám. Jsou použity dva typy vedení. Jedním z nich je kuličková kolejnice vymontovaná ze staré kopírky. Jedná se o profil tvaru „U“, ve kterém je umístěn stejný profil s menšími rozměry. Prostor mezi profily je vyplněn sadami ložiskových kuliček, které ale necirkulují a nevrací se zpět do pozice zatížení. Je to nevýhoda, ale nepřilíš velký problém. Druhý typ vedení je konstruován odlišným způsobem. Jako vodící kolejnice je přímo využit druhý malý jekl namontovaný na konstrukci. Vozík je sestaven ze tří klasických kuličkových ložisek o vnějším průměru 32mm. Z přední strany vodícího jeklu, kde bude působit největší zatížení jsou umístěna vedle sebe dvě ložiska s roztečí 100mm a na druhé

straně jeklu je jedno přítlačné ložisko. Všechna tři ložiska jsou umístěna na velkém obdélníkovém jeklu. Tím je vytvořen silný ložiskový vozík. Na obě vedení je připevněna pertinaxová deska tloušťky 8mm, na které bude dále umístěno svislé vedení.



Obr. 4.5: Příčné vedení

4.1.4 Svislé vedení

Pohyb ve směru osy Z je zajištěn lineárním vedením, opět od firmy THK, obdobným typem jako u podélného vedení. Použity jsou dvě kolejnice FBW3590 450L se čtyřmi kuličkovými vozíky. Kolejnice jsou přišroubovány na pertinaxovou desku příčného vedení. Na vozíky je namontována další pertinaxová deska pro uchycení vřeten. Aby mezi deskami vznikl prostor pro zabudování hnacího mechanismu, jsou mezi vozíky a pertinaxovou desku umístěny podložky vyrobené z dubového dřeva.

4.1.5 Hnací prvky

Pro podélný posuv ve směru osy X je použit trapézový šroub délky 1000 mm a průměru 18 mm. Matice pro trapézový šroub je použita standardní železná, i když nemá příliš dobré vlastnosti. Lepším řešením je matice z termoplastického materiálu, která disponuje výbornými kluznými vlastnostmi, či matice bronzová. Železná byla vybrána spíše z finančních důvodů. Šroub je na obou koncích osoustružen na vnitřní průměr ložisek. Ložiska jsou uložena v domcích vysoustružených z hliníku. K propojení šroubu s motorem slouží pružná spojka, která je popsána v kapitole 3.3.3.

Obdobným způsobem je řešeno svislé vedení ve směru osy Z. Použit je trapézový šroub průměru 12 mm a délky 280 mm. Spojení s motorem je pomocí ozubeného řemenu a dvou koleček dávajících převodový poměr 1:2.



Obr. 4.6: Pohon svislé osy

Pro příčný posuv ve směru osy Y bylo původně počítáno se stejným řešením s použitím trapézových šroubů, ale naskytlo se jednodušší řešení – kompletní hotový pohon. Jedná se o torzo jakési tiskárny. Byly odstraněny zbytečné prvky, které sloužily původnímu účelu, a zbyl hliníkový rám s ložiskovými domky, speciální závitovou hřídelí s kvalitní maticí a převodovaný pohon s ozubeným řemenem.



Obr. 4.7: Pohon příčného posuvu

4.2 Vřeteno

Jako obráběcí vřeteno je použita přímá bruska BOSCH GGS 27. Jedná se o univerzální ruční nástroj určený spíše pro broušení, ale není problém jej využít pro naše účely. Díky svému tvaru se snadno připevní ke konstrukci stroje. Tento model nedisponuje regulátorem otáček, který je pro frézování dosti důležitý. Regulace otáček je vyřešena připojením externího regulátoru.

Parametry:

- volnoběžné otáčky: 27.000 min⁻¹
- upínání nástrojů do Ø 8 mm

- jmenovitý příkon: 500W
- výstupní výkon: 300W



Obr. 4.8: Přímá bruska Bosch GGS 27

4.3 Motory

Pohon posuvů byl původně zamýšlen se staršími krokovými motory Sanyo Denki Step-Syn 103-771-1242 vymontovanými ze starých jehličkových tiskáren a kopírek. Byly namontovány do stroje a ve zkušebním provozu se poměrně osvědčily. Avšak jejich parametry byly dosti špatné. Díky jejich vysoké impedanci docházelo v klidovém stavu ke zbytečnému zahřívání a k vyšší spotřebě proudu, naopak při rostoucích otáčkách (zvyšující se frekvenci) zvyšování odporu a tím i ke snížení točivého momentu. Nebylo tak možné dosáhnout vyšších otáček a rychlejšího posuvu. Proto byly zakoupeny nové motory NEMA23, jejichž parametry jsou více než dostačující.

Parametry motoru SANYO:

- Statický moment: 0,6 Nm
- Napájecí napětí: DC 3,9V
- Maximální proud: 1,35A
- Úhel natočení na jeden krok: $1,8^\circ$
- Počet kroků na otáčku: 200



Obr. 4.9: Krokový motor Sanyo

Parametry motoru NEMA23

- Statický moment: 1,91 Nm
- Maximální proud: 2,8 A
- Maximální otáčky: 3000 ot/min.



Obr. 4.10: Krokový motor NEMA23

4.4 Elektronika

Návrh řídicí elektroniky je de facto hlavní částí této bakalářské práce. Existuje spousta amatérských návrhů a koncepcí, ale žádná úplně nevyhovuje našim požadavkům. Tento stroj má 3 osy, ale do budoucna je počítáno se čtvrtou rotační osou, kde nevíme, jaký typ motoru bude použit. Motory, které jsou použity by mohly být vyměněny za jiné a v tom případě by nemohlo být použito řešení, které má všechny motorové drivery na jedné desce. Proto je výhodnější, pokud má každý motor svůj driver.

Tato koncepce je založena na jednoduchosti a přehlednosti montáže. Řešení je v podobě modulárního systému, který bude namontován ve standardním elektrickém rozvaděči s DIN lištami. Montáž bude spočívat v jednoduchém zapojení a rozmístění modulů na lišty dle potřeby a požadavků stroje. Komunikace s počítačem bude probíhat prostřednictvím paralelního portu LPT. Základní částí celého elektronického systému je rozdělovací modul v podobě DIN krabičky sloužící k propojení s paralelním portem a rozdělení jeho pinů na vstupní a výstupní. K tomuto modulu se dále připojí samotné motorové drivery a další periferie jako spínací relé, ovládací prvky a „stop“ tlačítko.

4.4.1 Rozdělovací modul

Tento modul slouží jako rozhraní mezi počítačem a periferiemi systému. Komunikace probíhá přes paralelní port LPT. Modul má 5 vstupů a 12 výstupů, jak dovoluje konfigurace portu. Stav každého vstupu, nebo výstupu je signalizován LED diodou. Pro oddělení vstupů je použit obvod CMOS 4011. Signalizační LED diody s odpory slouží zároveň jako snižovací odpory, které zajišťují nízké úrovně napětí na vstupech bufferu v případě, že jsou odpojeny. Pro výstupy by buffery mohly být také použity, ale po připojení signalizační diody na výstup dochází ke znatelnému úbytku napětí, které není příliš žádoucí. Použitý obvod CMOS 4011 zároveň nedisponuje hysterezí, která je pro toto použití velice výhodná. Proto jsou použity invertory 74HC14. Jejich hysterezní napětí činí 1,25V. Dokáže proto čelit šumu a přeslechům. Zapojené jsou vždy sériově dva za sebou a LED dioda je připojena mezi nimi. DPS je zapouzdřená v krabičce na DIN lištu KPDIN4 s rozměry 106×90×66mm. Aby signalizační LED diody mohly být umístěny v horní viditelné části krabičky, musela být navržena samostatná DPS, která je umístěna nad hlavní deskou pomocí distančních sloupků délky 35mm a propojena plochým kabelem. Pro připojení periferií je na desce umístěna svorkovnice. Napájení modulu je 5V DC. Jako ochrana proti přepětí a zároveň i proti přepólování je použita zenerova dioda (5,6V) paralelně připojená k napájecím svorkám.

4.4.2 Motorové drivery

Jako výkonové stupně pro tyto jednotky a zároveň jako řídicí logika jsou na trhu dostupné velice dobré obvody TB6560 od firmy TOSHIBA. Řeší celý problém bipolární řídicí logiky i koncových stupňů. Hlavní předností je funkce mikrokrokování, která umožní jeden krok krokového motoru rozdělit až na 16 mikrokroků. Samozřejmostí je tepelná ochrana, která v případě přehřátí obvod vypne a zároveň signalizuje poruchu. Obvody mají několik dalších módů, kterými je možné nastavit proud do cívek motoru, nebo rozkládání proudu. Řízení probíhá dvěma vstupy STEP a DIR, neboli krok a směr.

Nevýhodou těchto obvodů je však velká náchylnost na poškození. Ačkoliv je tento obvod vybaven tepelnou ochranou, zničení obvodu může mít několik dalších příčin. Pokud za provozu dojde k odpojení jedné z cívek motoru a následnému připojení (např. špatný kontakt ve svorkovnici), většinou dojde k okamžitému zničení koncového stupně. Je proto třeba dbát na správné a precizní připojení motorů.

Při použití nevhodného krokového motoru s vysokou impedancí dochází k nepříjemnému jevu. Při nulových otáčkách motoru jím prochází vysoký proud a se zvyšujícími otáčkami proud klesá. Proto byl navržen přídatný obvod, který tento proud při nulových otáčkách alespoň sníží. Je využit signál ze vstupu STEP, který je přiveden na tranzistor. Pokud přes „STEP“ jdou impulzy, tranzistor je zavřený a na výstupu je nízká úroveň napětí. Pokud impulzy nejdou, tranzistor je otevřený a na výstupu je napětí, které nastaví proudový mód řídicího obvodu na 50%. Vzhledem k tomu, že jsou použity vhodné motory, je tento obvod zbytečný a na plošném spoji není osazen součástkami. Krokové motory NEMA23 mají s použitím řídicích obvodů TB6560 velice dobré parametry. Byl měřen proud tekoucí do obvodu při napájecím napětí 36V. V klidovém stavu tekla do obvodu proud přibližně 0,1A a se zvyšujícími otáčkami proud vzrostl až na 0,4A (při nezátíženém motoru). Po přidání mechanické zátěže byl naměřen proud až dvojnásobně vyšší. Této vlastnosti lze využít pro přídatné zařízení, které by zobrazovalo aktuální sílu, která působí na obráběný materiál. Proud, který teče do obvodu lze měřit a jeho hodnotu zobrazit například na bargrafu. Velikost proudu je přímo úměrná mechanické zátěži. Na základě této informace by mohl pracovat i ochranný prvek, který by zastavil stroj při kolizi.

Na vstupní straně modulu je svorkovnice pro připojení napájení a signálů pro řízení motoru. Pro nastavení funkcí a parametrů obvodu je vedle svorkovnice umístěn 5násobný spínač „MINI DIP“. Nastavení je uvedeno v tabulce 4.1. Na výstupní straně je svorkovnice

pro připojení motoru a čtyři kontrolní LED diody signalizující napájení, přehřátí a spuštění motoru.

Motorové řídicí jednotky jsou koncipovány jako moduly na DIN lištu. Použity jsou krabičky KPDIN4 s rozměry 67×90×66mm. U výkonových členů umístěných v malé krabičce mohou nastat problémy s chlazením, ale měřením bylo zjištěno, že by nemělo docházet k většímu zahřívání a proto je tato krabička s malými větracími otvory dostačující.

Tab. 4.1: Konfigurace driveru MINI DIP spínači

Funkce	Proud [%]		Krokování [krok/imp.]			„Decay“ [%]		
Číslo spínače	1		2	5		3	4	
stavy	0	100	0	0	1/2	0	0	0
	1	75	0	1	1/2	0	1	25
	x	x	1	0	1/8	1	0	50
	x	x	1	1	1/16	1	1	100



Obr. 4.11: Modulární řídicí systém

4.4.3 Spínací modul

Toto zařízení slouží k automatickému spínání vřetene a odsávání, k dispozici je třetí spínací kontakt pro případná další zařízení. Modul obsahuje 3 relé s cívkou na 5V, aby mohlo být použito napájení logiky. Plošný spoj je navržen pro malou plastovou krabičku KP DIN 1. Většinou bývá zvykem umístit spínací relé na LPT rozdělovací desku. K řešení se samostatným spínacím modulem bylo přistoupeno po předchozích zkušenostech s paralelním portem. Některé jeho výstupy se totiž mohou chovat nevyzpytatelně. Pokud není spuštěn program pro jeho ovládání, jsou některé výstupy v „nedefinovaném“ stavu. Jiné se mohou náhodně sepnout i v případě, že je spuštěn řídicí program a to po příchodu impulsu do některého ze vstupů. U určitých výstupů se tyto problémy nevyskytují. Připojení obráběcího vřetene na nestabilní počítačový výstup by mohlo znamenat jisté nebezpečí. Proto relé není umístěno na společné rozdělovací desce, kde by bylo na pevně přiřazené určitému pinu, ale v modulu, který lze flexibilně zapojit na jakoukoliv pozici svorkovnice výstupů rozdělovacího modulu.

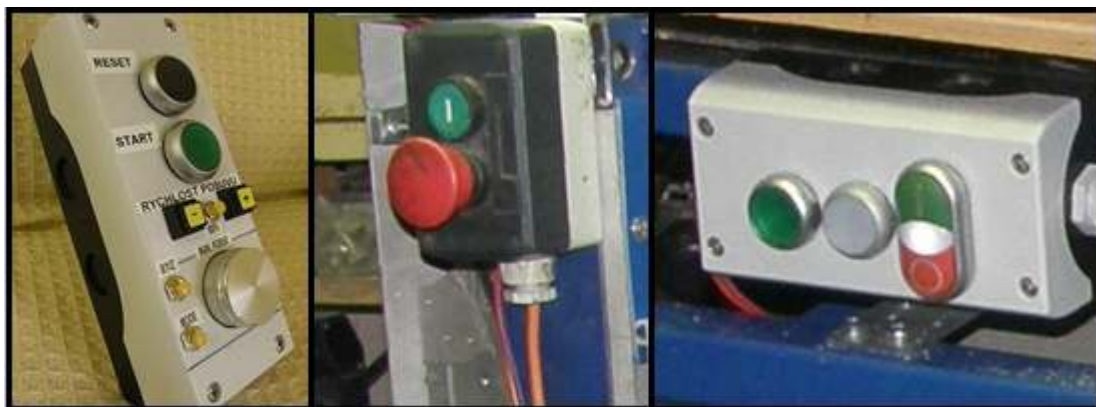
4.4.4 Ovládání

Veškeré ovládání stroje (mimo spouštění napájecího napětí) probíhá skrz počítač. V této „průmyslové“ aplikaci není z hlediska hbitosti a pohodlnosti příliš vhodné ovládat počítač pomocí myši. Je proto použit přehledný 20,1“ dotykový LCD panel. Pro ještě větší pohodlnost byla navržena externí ovládací skříňka vybavená tlačítky pro ovládání základních důležitých funkcí. Je použita spínací skříňka MOELLER pro 4 spínače. První dvě pozice jsou osazeny spínači MOELLER, třetí pozice byla zaslepena a osazena miniaturními tlačítkovými spínači. Poslední pozice byla převrtáním zvětšena pro umístění rotačního enkodéru. Enkodér slouží k přesnému ručnímu polohování.

Každý stroj musí být vybaven STOP tlačítkem pro rychlé vypnutí při blížící se kolizi. Je použita skříňka pro dvě tlačítka. Stop tlačítko s červenou hlavicí a zelené tlačítko pro funkci „start obrábění“.

Stroj je vybaven ještě jednou spínací skříňkou, která je osazena dvěma spínači a jedním dvojspínačem s kontrolkou. Účelem této skříňky je spouštění celého elektrického systému, spouštění počítače a vyřazování koncových spínačů. Koncové spínače je třeba vyřadit v případě, kdy je stroj v krajní pozici a pohyb je koncovými spínači zablokován.

Komunikační rozhraní je realizováno přes navržené LPT I/O moduly. K dispozici je celkem 10 vstupů, což bohužel není mnoho. Větší počet vstupů by bylo možné zajistit dalším zařízením připojeným např. přes USB, nicméně 10 vstupů je dostačující počet.



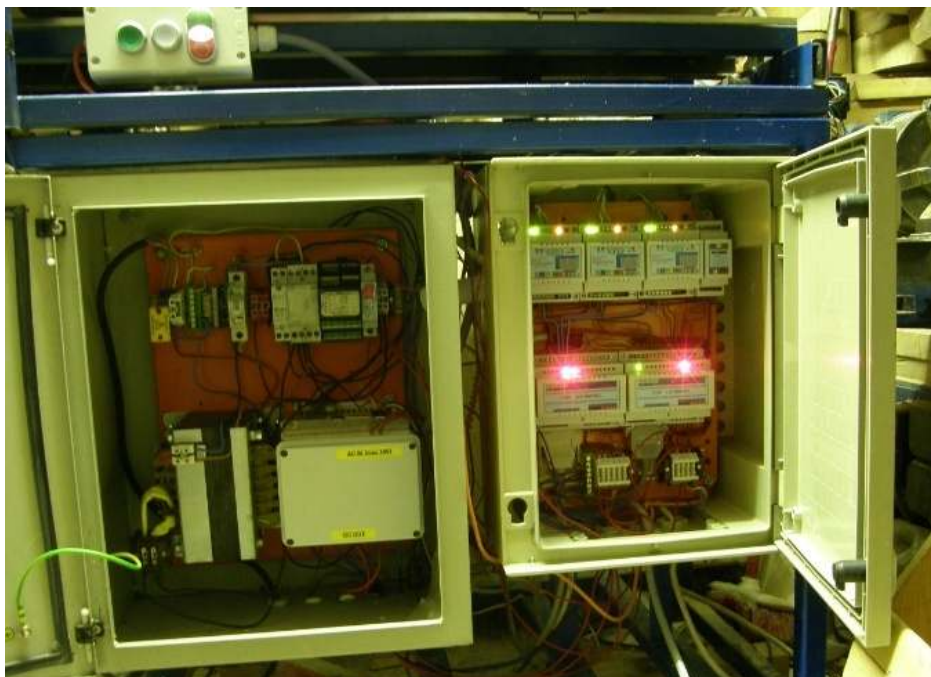
Obr. 4.12: Ovládací skřínky

4.4.5 Napájení

Pro napájení logiky je použit standardní počítačový zdroj typu AT. V dnešní době je přbytek starých vyřazených počítačů, které čeká likvidace. Je škoda likvidovat některé jejich části, když mohou jinde dále sloužit.

Pro napájení motorů již tento zdroj nemůže posloužit, proto byl navržen jiný silný zdroj. Základem je suchý jednofázový transformátor o výkonu 800VA. Sekundární napětí činí 24V. Po usměrnění dostaneme napětí 34V, které je pro napájení řídicích obvodů doporučené výrobcem. Sekundární napětí je rozděleno na 3 kanály, kde má každý svůj usměrňovač a filtrační kondenzátor. Jsou tak vytvořeny 3 „tvrdé“ zdroje, které jsou dostatečně dimenzované pro napájení motorových driverů. Takto silný zdroj byl navržen po zkušenostech z bakalářského projektu, kde napájecí zdroj nebyl dostatečně „tvrdý“ a při zapnutí všech motorů byl na každém z nich zaznamenán nižší točivý moment, než když byl zapnut jen jeden z nich. Primární vinutí transformátoru je chráněno jističem 16A, výstupní větve zdroje jsou chráněny přístrojovými trubičkovými pojistkami 3,15A. 5V větev počítačového zdroje je chráněna jističem 2A.

Spouštění a vypínání napájecího systému se provádí dvojtláčkem s kontrolkou (viz. obr.4.13 nahoře) zapojeným se stykačem s přídržným kontaktem. Centrální vypnutí napájecího napětí 230V je možné hlavním vypínačem připojeným mezi napájecí šňůru a rozvaděč. Napájecí systém je umístěn v plechovém rozvaděči o rozměrech 500×400×270 mm. Rozmístění komponent je patrné z obrázku 4.13 vlevo. Vedle napájecího rozvaděče je umístěna o něco menší technologická skříň osazená řídicími moduly.



Obr. 4.13: Napájecí rozvaděč a technologická skříň s řídicími moduly

5 Řídicí software

Předpokládáno je použití již hotového softwaru. Existuje několik řídicích programů, jejichž demoverze jsou volně ke stažení a s částečným omezením jsou pro jednoduché frézování použitelné. Některé jednoduché programy jsou k dispozici i jako freeware. Mezi tyto programy patří například MaJoSoft, SuperCAM nebo TurboCNC pro systém DOS. Nejdostupnější alternativou za tyto programy je Mach3. Tento software byl zvolen pro jeho jednoduchost a zároveň pro jeho velké možnosti.

MACH3:

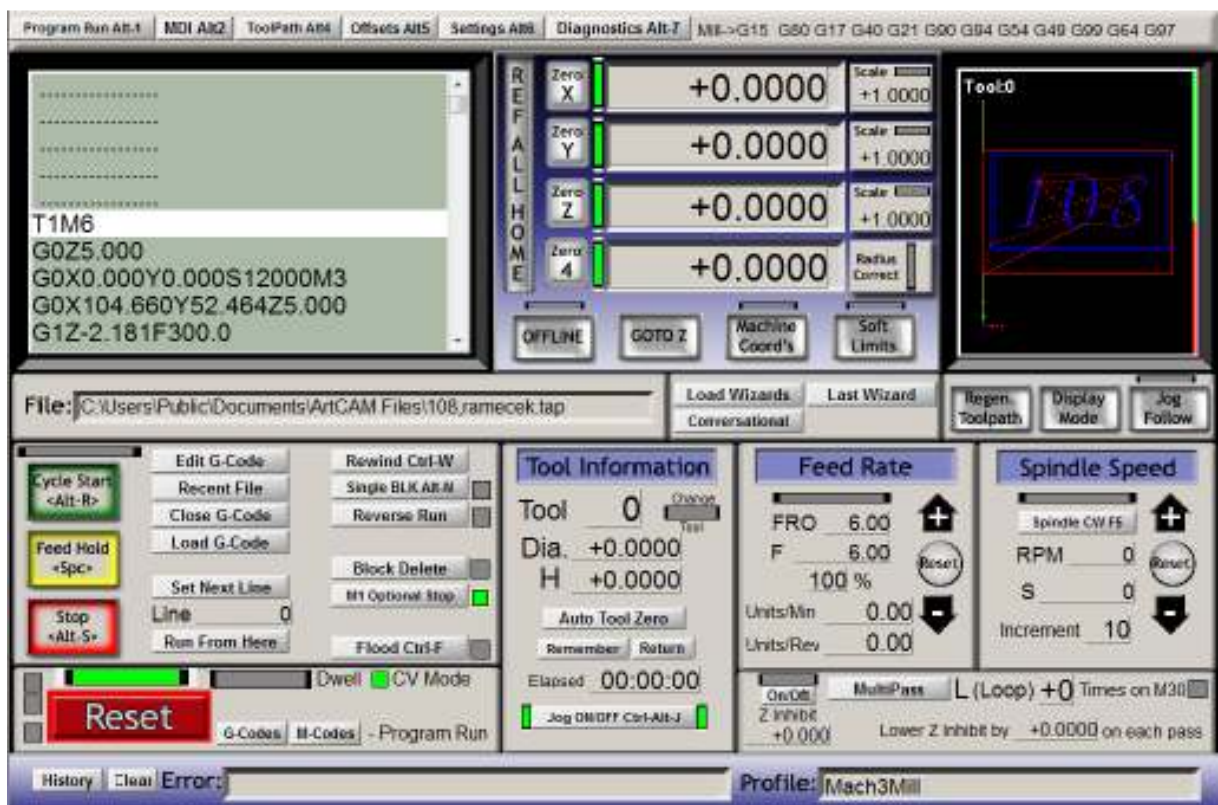
Výrobce tohoto programu je firma Artsoft a jeho použití je výborným řešením pro naše účely. Původně byl vyvinut pro hobby aplikace, ale postupně se stal všestranným a oblíbeným softwarem i v průmyslu. Výhody spočívají ve velice jednoduchém ovládání a snadném nastavení. Obsahuje všechny důležité a doplňující funkce pro řízení obráběcího cyklu, ale i spoustu nástrojů a průvodců pro naprogramování jednoduchých obráběcích operací. Mezi příklady takovýchto průvodců patří obráběcí kruhové kapsy, vrtání pole děr nebo gravírování textu. K dispozici je editor, kterým lze snadno změnit vizuální prostředí programu a upravit jej tak k vlastním potřebám.

vlastnosti:

- Připojení stroje přes LPT port systémem STEP/DIR
- 20 výstupních a 20 vstupních pinů
- Podpora 6 osého řízení, standardní ISO kód
- Ovládání vřetena, chlazení, odsávání
- HW a SW limity, referenční body

požadavky: Windows 2000, XP, Vista nebo Windows 7, 1GHz CPU, 512 MB RAM.

Demoverze programu je ke stažení na stránkách výrobce Artsoft USA. Omezení je v maximálním počtu 1000 řádků programu a hodnotou 25000Hz impulzního generátoru. Plná verze je k mání za 3 250 Kč bez DPH.



Obr. 5.1: Prostředí Mach3

6 Parametry stroje

Pracovní prostor:

X=850 mm

Y=375 mm

Z=170 mm

Síla posuvů:

Pro osy X a Y při rychlosti 3000 mm/min: $F_{3000}=100\text{ N}$

Velikost této síly je pouze orientační. Hodnota byla zjištěna opakovaným měřením pomocí siloměru a to tak, že siloměr byl upevněn mezi pevnou konstrukcí stroje a pohyblivou část. Měření bylo provedeno pouze při maximální stanovené rychlosti posuvu 3000mm/min, při které mají motory nejmenší moment. Síla posuvů při nižších rychlostech je mnohem vyšší a její měření by mohlo mít pro stroj destruktivní účinky.

V následující tabulce jsou uvedeny parametry, které byly programově nastaveny pro jednotlivé motory. Počet pulzů potřebných pro posuv o 1 mm lze zjistit výpočtem z převodových poměrů, nebo automatickou kalibrací, kterou disponuje software Mach3. Maximální rychlost posuvu byla stanovena na základě experimentů. Rychlost 3000mm/s je použitelná spíše k rychloposuvu. Maximální pracovní rychlost pro frézování je doporučená přibližně poloviční.

Tab. 6.1: Programově nastavené parametry

Osa	Počet pulzů pro posuv o 1 mm	Max. rychlost posuvu [mm/min]	Zrychlení [mm/s ²]
X	405	3000	100
Y	127	3000	100
Z	375	800	100

7 Ukázky využití

První praktické využití frézky bylo při výrobě kuchyňských dvířek a šuplíků pro truhlářskou zakázku na malou kuchyňskou linku ze smrkového dřeva. Byla tak potvrzena účelnost a přesnost zařízení.



Obr. 7.1: Kuchyňská linka s frézováním

Další uplatnění bylo nalezeno při výrobě dřevěných reklamních cedulí.



Obr. 7.2: Frézování písma

8 Závěr

Výsledkem této práce je hotový kompletní obráběcí stroj, který splňuje všechny stanovené požadavky a je připraven k použití v malé truhlářské dílně. Byly splněny všechny body zadání, ověřena funkčnost a změřeny parametry. Dá se říci, že bylo dosaženo takových výsledků, které se vyrovnají komerčnímu řešení v ceně několika set tisíc korun a to za zlomek této ceny. Díky velkému dotykovému LCD panelu umístěném na otočném rameni a externímu manuálnímu ovladači je obsluha stroje velice snadná a příjemná. Stroj má 3 osy, které jsou postačující pro většinu výroby. Pro frézování složitějších 3D modelů je zapotřebí ještě dalších pohybů, se kterými je do budoucna také počítáno, zejména s rotační osou. Díky modulárnímu řešení elektronického systému není problém provádět rozšíření a různé úpravy. Při momentální konfiguraci zbývá k dispozici celkem 13 volných digitálních výstupů, na které lze připojit různá zařízení a i řízení motorů dalších až tří os.

9 Použitá literatura

- [1] ŠTULPA, Miroslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. Praha : BEN , 2006. 126 s. ISBN 80-7300-207-8.
- [2] KRÁL, Pavel; ŠRAJER, Jan. *CNC obráběcí centra*. 1. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008. 79 s. ISBN 978-80-7375-163-0.

Elektronické zdroje informací

- [3] Hobby CNC – výroba CNC frézek [online] [cit. 11.11.2010] Dostupné z: <http://www.cnc1.eu/sk/kompas-f-800>
- [4] Jeřábek stroje – výroba dřevoobráběcích strojů [online] [cit. 11.11.2010] Dostupné z: <http://jerabek-stroje.cz/cnc-frezka-mpw-900>
- [5] Inteo – CNC frézky, 3D tiskárny, automaty [online] [cit. 11.11.2010] Dostupné z: <http://www.inteo.cz/3d-cnc-frezky/cnc-frezka-inteo-6090>
- [6] Comagrav – 3D CNC frézky [online] [cit. 11.11.2010] Dostupné z: http://www.comagrav.com/cz/gravirovaci_frezovaci_stroje_mistral.html
- [7] Haberkorn Ulmer – stavebnicový systém MB item. [online] [cit. 11.11.2010] Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/system-hlinikovych-profilu>
- [8] THK – výrobce lineární techniky [online] [cit. 11.11.2010] Dostupné z: <http://www.thk.com/cz/products/class/lmguide/index.html> >

- [9] T.E.A Technik – lineární vedení a pohony [online] [cit. 12.11.2010] Dostupné z:
<<http://www.teatechnik.cz/produkty>>
- [10] CNCshop.cz – komponenty pro stavbu CNC strojů [online] [cit. 17.11.2010]
Dostupné z: <<http://www.cncshop.cz/>>
- [11] Robotika.cz –krokové motory [online] [cit. 17.11.2010] Dostupné z:
<<http://robotika.cz/articles/steppers/cs>>
- [12] Pan-electronics, s.r.o – Regulační pohony [online] [cit. 19.11.2010] Dostupné z:
<http://www.regulacni-pohony.cz/frm_elektro.html>
- [13] Kress – ruční elektrické nářadí [online] [cit. 19.11.2010] Dostupné z:
<[http://www.kress-elektrik.com/Fraesen.71+M5a4a7a2ec60.0.html?&tx_commerce_pi1\[catUid\]=17](http://www.kress-elektrik.com/Fraesen.71+M5a4a7a2ec60.0.html?&tx_commerce_pi1[catUid]=17)>
- [14] Teknomotor - obráběcí vřetena [online] [cit. 19.11.2010] Dostupné z:
<www.teknomotor.com>
- [15] Leadshine - krokové motory a řídicí jednotky [online] [cit. 19.11.2010] Dostupné z:
< http://leadshine.com/Show_Product.asp?id=198&Class_Name=MA550&B_id=0 >
- [16] Conrad - elektrotechnické součástky[online] [cit. 19.11.2010] Dostupné z: <
http://www.conrad.de/ce/de/product/967785/SMC1500-SCHRITTMOTORSTEUERKARTE/SHOP_AREA_17346&promotionareaSearchDetail=005>

Přílohy

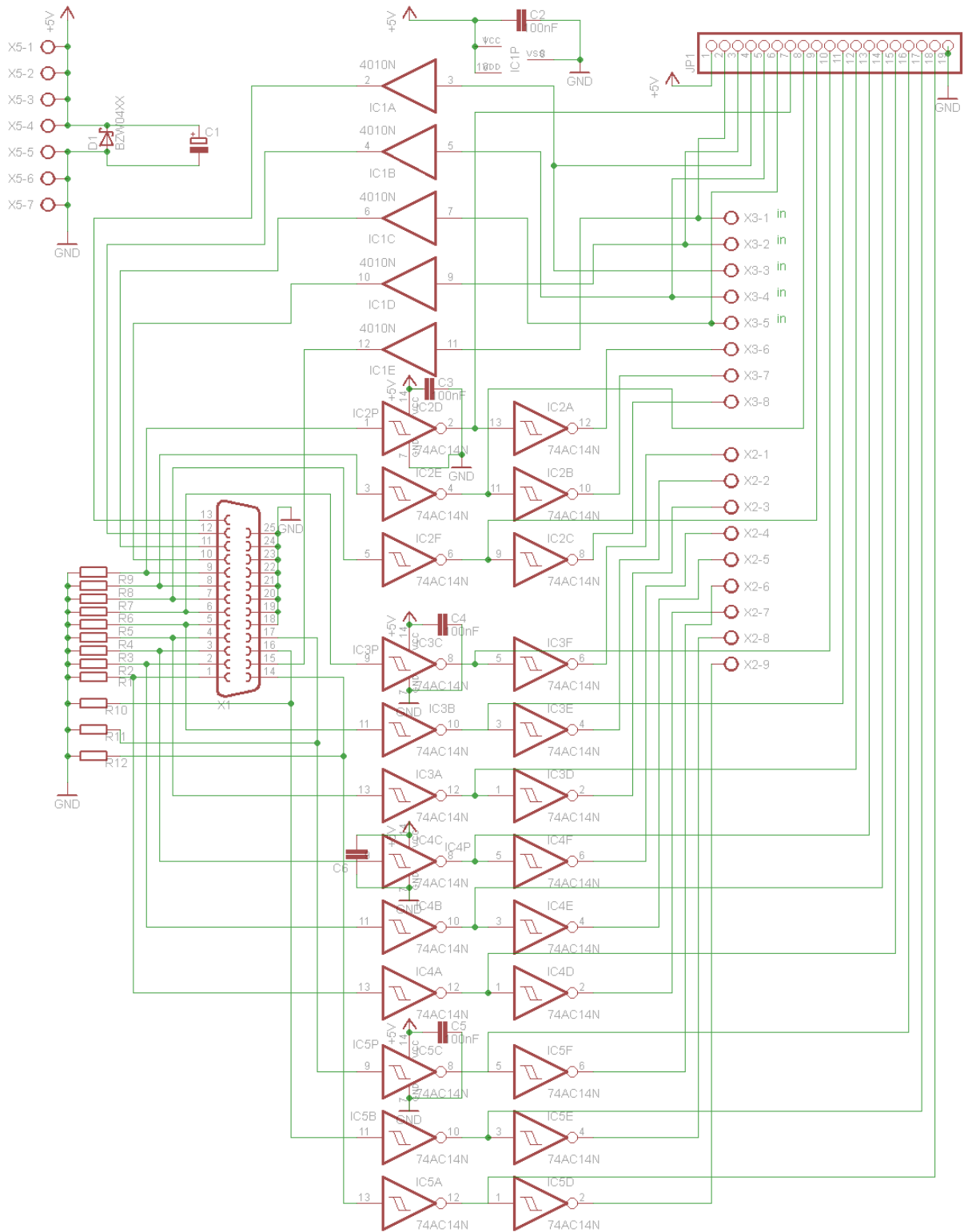
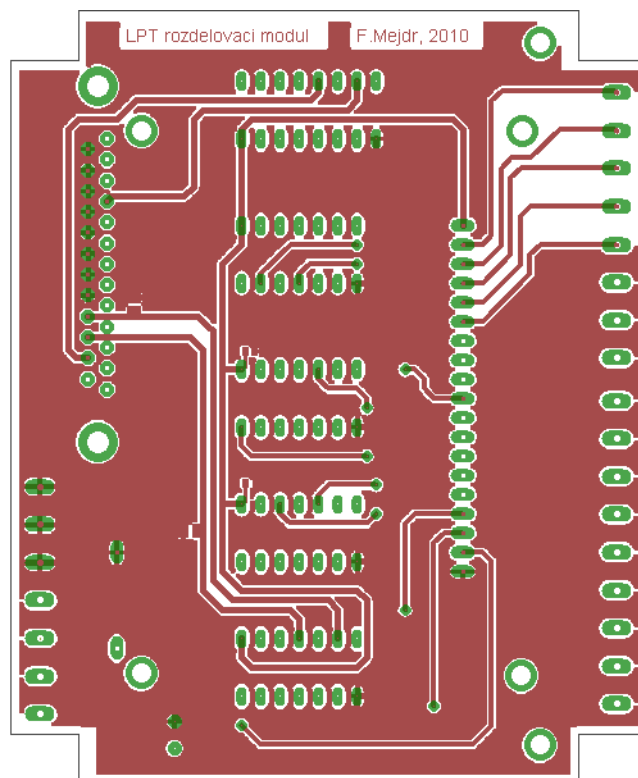
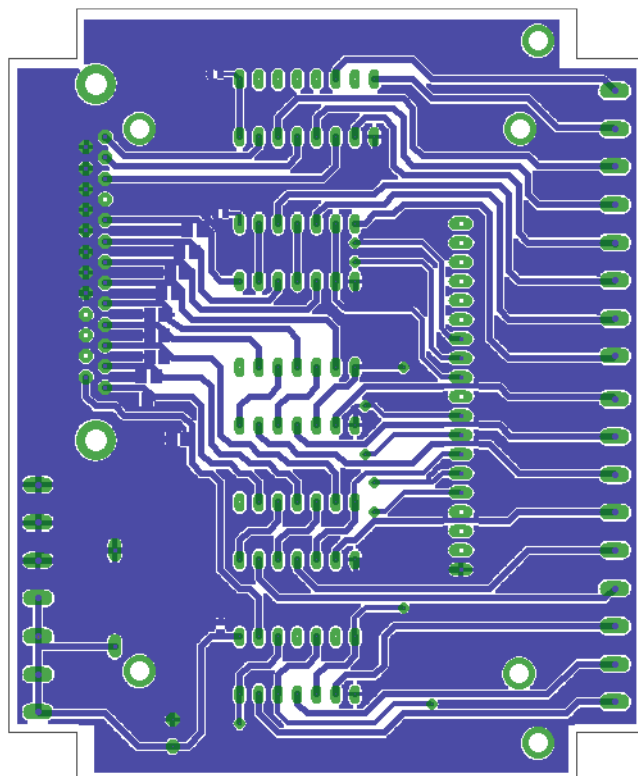


Schéma zapojení rozdělovacího LPT modulu



Vrchní strana DPS rozdělovacího modulu LPT



Spodní strana DPS rozdělovacího modulu LPT

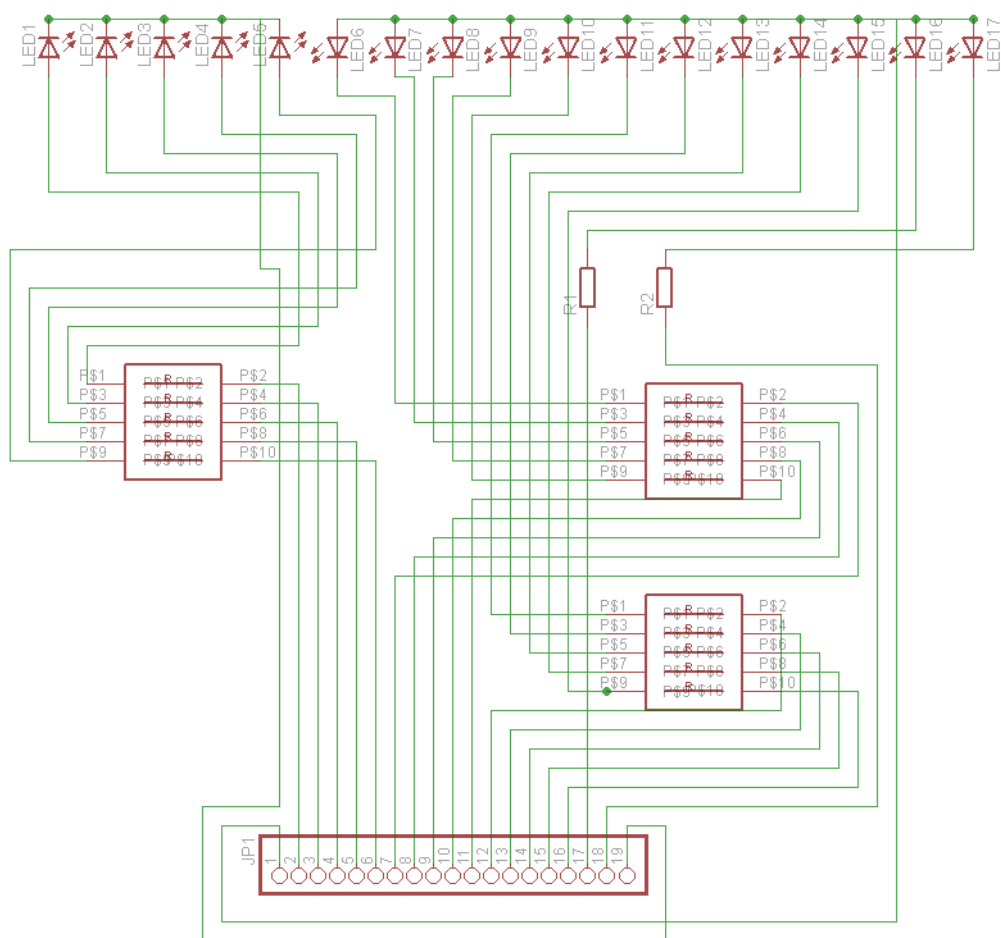
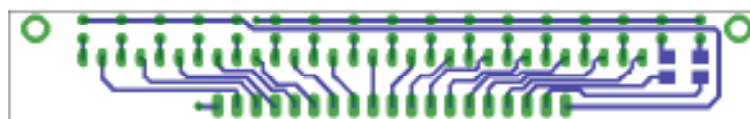


Schéma zapojení LED panelu pro rozdělovací LPT modul



DPS LED panelu pro rozdělovací LPT modul

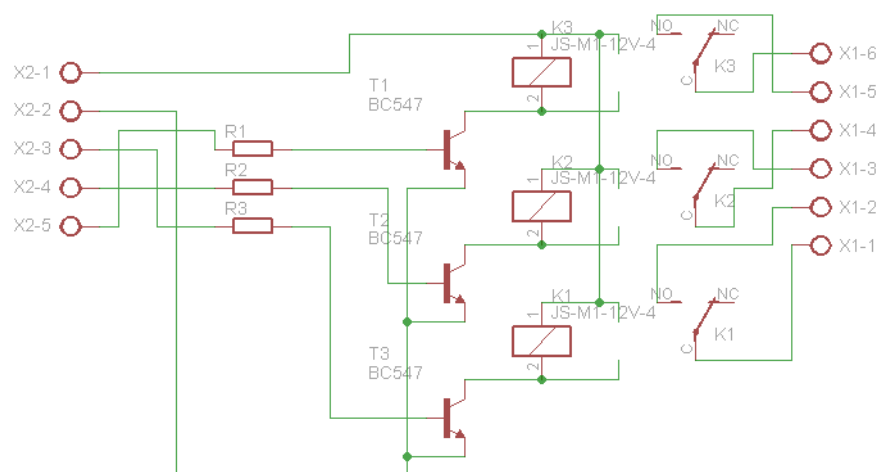
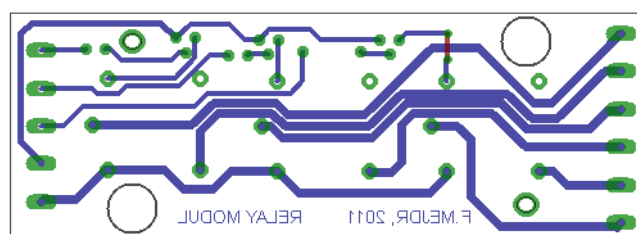


Schéma zapojení spínacího modulu



DPS spínacího modulu

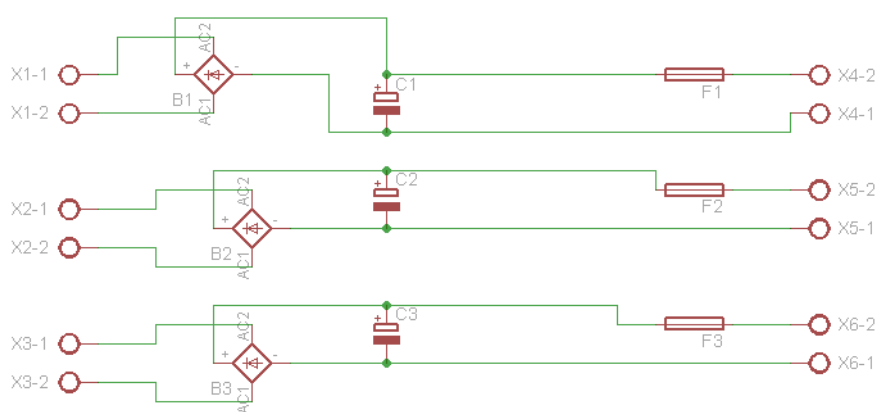
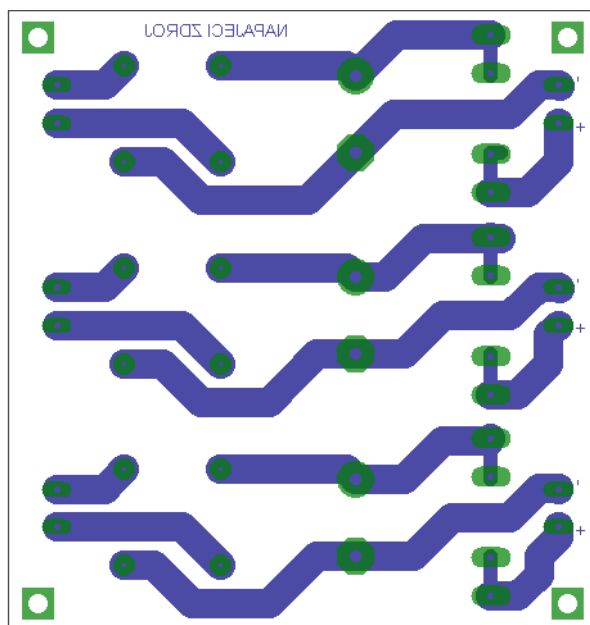


Schéma zapojení usměrňovače pro napájení motor.driverů



DPS usměrňovače pro napájení motor. driverů

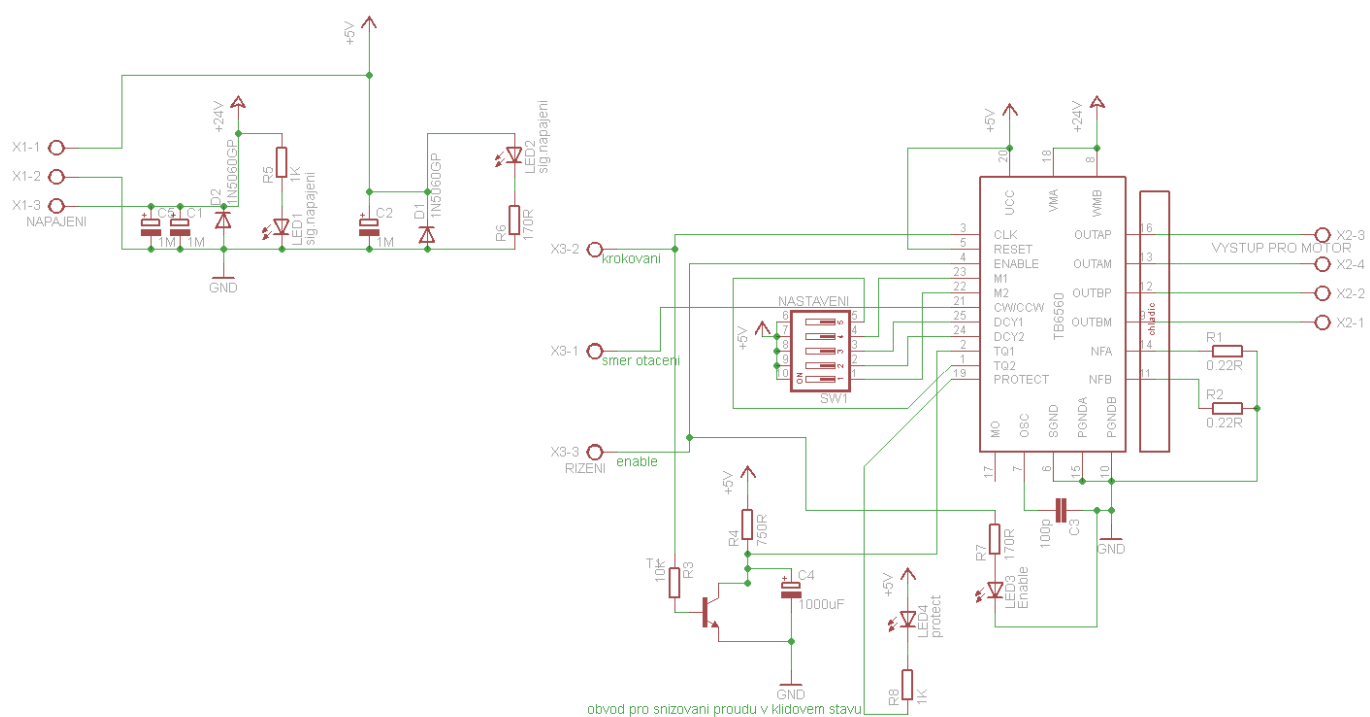
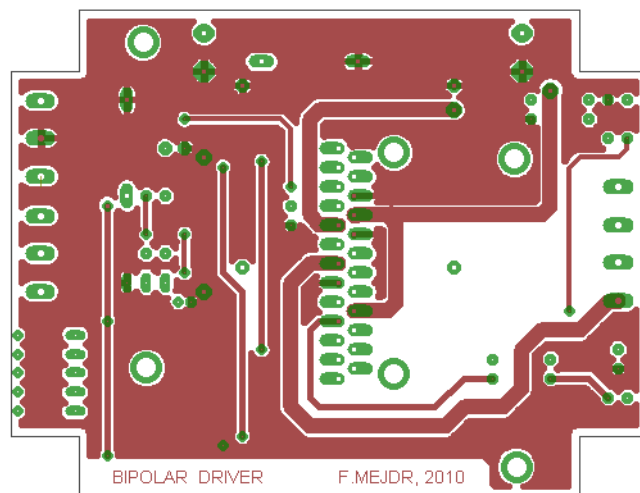
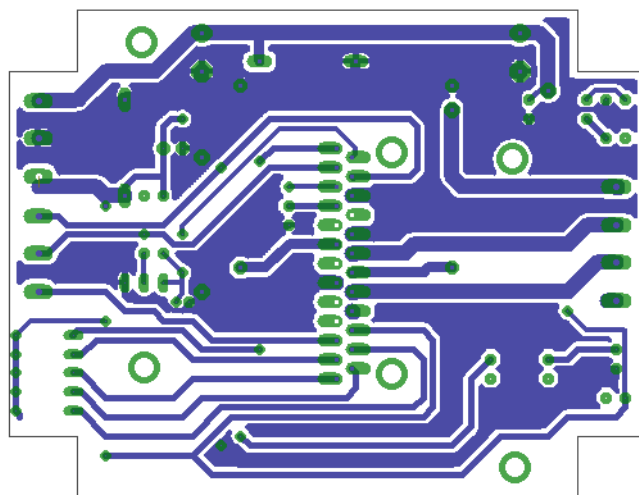


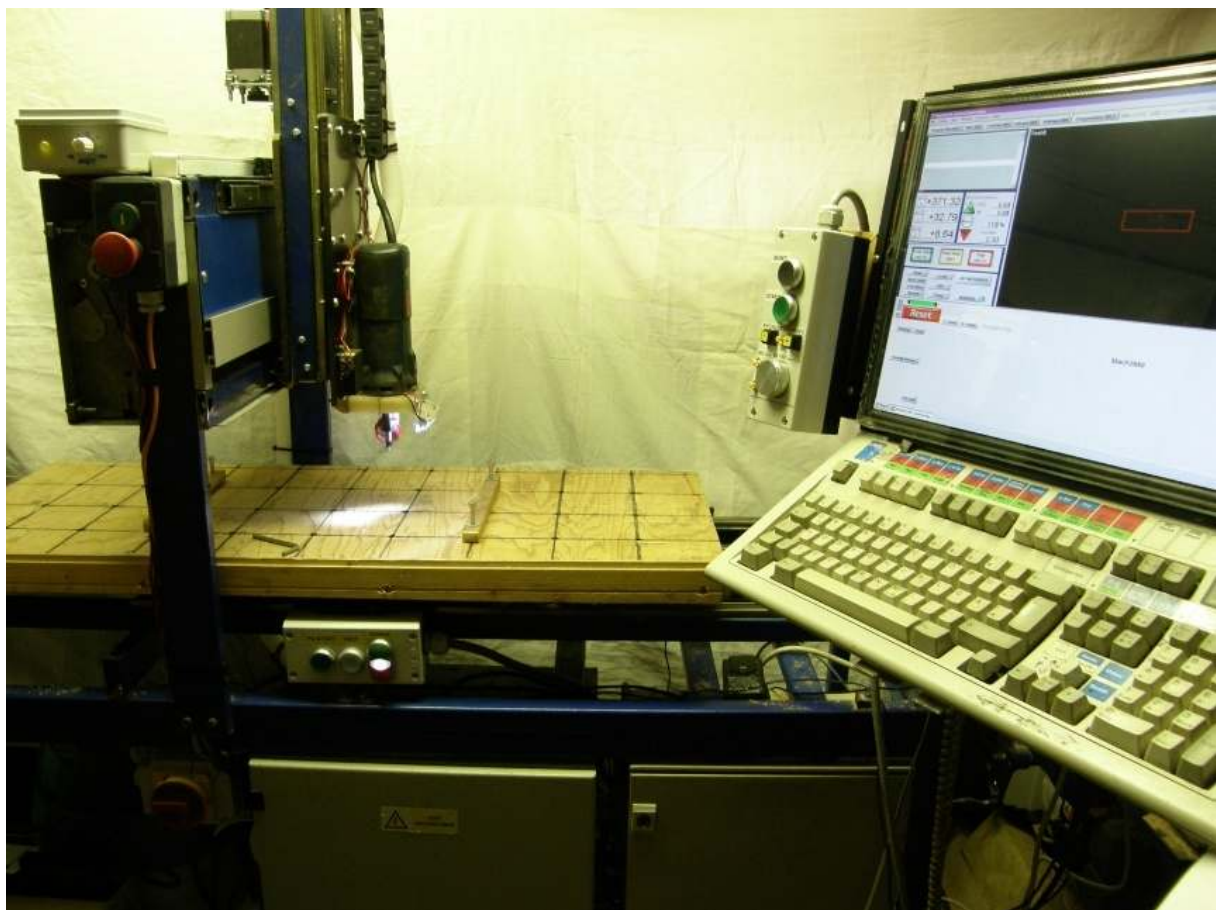
Schéma zapojení motorového driveru



vrchní strana DPS motorového driveru



spodní strana DPS motorového driveru



Kompletní stroj